자연채광 디자인 도구로서의

에너지 노모그래프

Energy Nomograph as Daylighting Design Tool

김정태
by Kim Jeong Tai

김정태 / 경희대학교조교수·공학박사

●머릿말

최근 구미에서 신축되는 상업용 건물의 소비에너지 중에서 조명은 냉방이나 난방보다도 더 많은 에너지를 소비하고 있다. 그것은 에너지 가격의 상승과 단열 및 일사차양에 관한 법규의 강화 때문이다. 물론, 조명의 경우에도 새로운 에너지 효율형 인공조명 시스템과 자연채광의 디자인 방법들이 개발되었지만 디자이너들은 이러한 효용을 믿지 않으려 하고 색채의 연출에만 관심을 나타내었다.

자연채광을 이용할 경우 조명에너지가 크게 절감됨으로써 자연채광은 디자인의 주요한 전략이 되었다. 또한 자연채광은 실내공간에 시각적인 자극을 증가시키는 수단으로서의 여러가지 연출 방법이 소개되었다. 따라서 자연채광은 에너지 절약형 건축디자인에서 「필페상자」식의 어프로치를 피할 수 있을 뿐만 아니라 실내공간의 거주성을 향상시킬 수 있다.

어떤 패시브 어프로치나 자연채광에 관한 결정은 초기 건축디자인 단계에서 결정되어야 한다. 유효한 자연채광 디자인 방법이란 자연채광에 관한 다양한 효과를 신속하고 정밀하게 결정할 수 있어야만 하며, 조명 뿐만 아니라 난방 및 냉방 에너지의 소비도 쉽게 검토할 수 있어야 한다. 에너지 노모그래프(Energy Nomograph)는 이러한 디자인 방법을 위해 1984년 미국에서 개발한 그래픽 디자인 도구이다.

에너지 노모그래프는 건축계획 단계에서 건물의 에너지 소비를 신속하게 예측하는데 사용된다. 또한 건물형태, 방위, 단열수준 등에 따른 에너지 소비 효과를 예측하는데도 사용할 수 있다.

●에너지 노모그래프의 구성

에너지 노모그래프는 팩키지의 입력자료를 포함하여 모두 18개로 구성되어 있다. 처음 3개의 노모그래프는 ASHRAE 90A -80 기준에 준거한 R값, U값, 차양계수를 구하는데 사용된다. 다음 4개의 노모그래프는 이 글에서 자세히 다루고 있는 조명 및 자연채광에 관한 것이다.

다음 8개의 노모그래프는 피크 및 연간난방과 냉방부하를 구하는데 사용된다. 마지막 3개의 노모그래프는 실내 급탕, 팬, 펌프부하 등을 구하고, 또한 연간 설비효율에 근거한 전체 연간 소비부하를 환산하는데 사용된다. 전체 팩키지는 1984년 초에 공개되었다.

에너지 노모그래프를 사용할 때에는 최소한의 건물자료가 필요하다. 즉, 벽·바닥·실·창·지붕의 치수 등 모든 정보는 건축설계의 초기단계에서 알 수 있는 정보들이다. 계산과정에 따라 입력자료가 계속해서 필요하며 건물의 기초 정보가 정리되면 자연채광은 쉽게 계산된다.

●수직창의 자연채광 디자인 노모그래프

수직창의 자연채광을 디자인하는데 사용되는 노모그래프는 〈그림1〉과 같다. 이 노모그래프는 디자인 단계에서 주광의 조명률과 주광의 조도레벨을 구하는데 사용된다. 쉽게 이해하기 위하여 〈그림2〉와 같은 건물을 대상으로 이 노모그래프의 사용방법을 설명하기로 한다. 이 노모그래프의 진행순서는 A→B→C……처럼 알파베트 순으로 진행된다.

예를들면 스케일A (창으로 부터의 거리) 3m→블록B (창높이) 1.8m→블록C (창의 투과율) 55%→블록D (천장 반사율) 80%→블록E (뒷벽 반사율) 여기서는 뒷벽이 없음→스케일F (주광의 조명률) 0.075의 순으로 진행된다.

여기서 각 변환점은 노모그래프의 진행상 나타난 직선일 뿐 실제로 계산이 필요한 것이 아니다. 블록G의 옥외조도(lx : fc)와 스케일H의 작업면 평균 조도레벨은 입력자료의 메뉴얼에 따라 옥외의 평균주광레벨을 구하는데 사용되는 것으로서 선택적인 변환점이다.

●천창의 자연채광 디자인 노모그래프

천창의 자연채광을 디자인하는데 사용되는 노모그래프는 〈그림3〉과 같다. 이것은 실내공간에 작은 천장을 이용하여 자연채광을 하는 경우에 사용할 수 있으며, 정측창·아트리움·큰 면적의 천창 등에는 이 노모그래프를 사용할 수 없다. 이 노모그래프는 천창채광 방식으로 인하여 나타난 평균 주광레벨의 조명률로서 그 결과가 나타난다. 이 그래프의 진행과정과 방법은 〈그림1〉의 수직창의

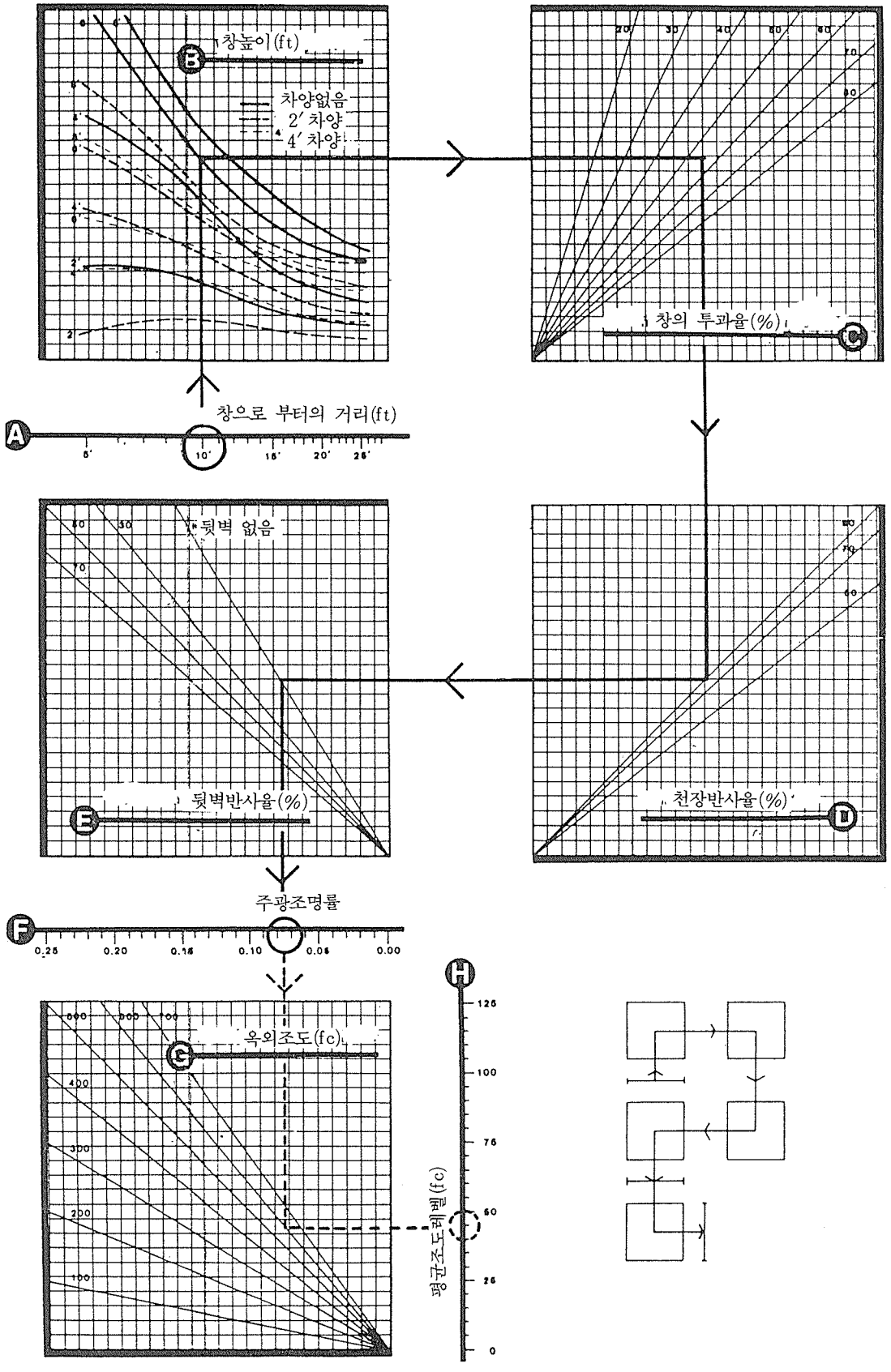

그림 1. 수직창의 자연채광 디자인 노모그래프

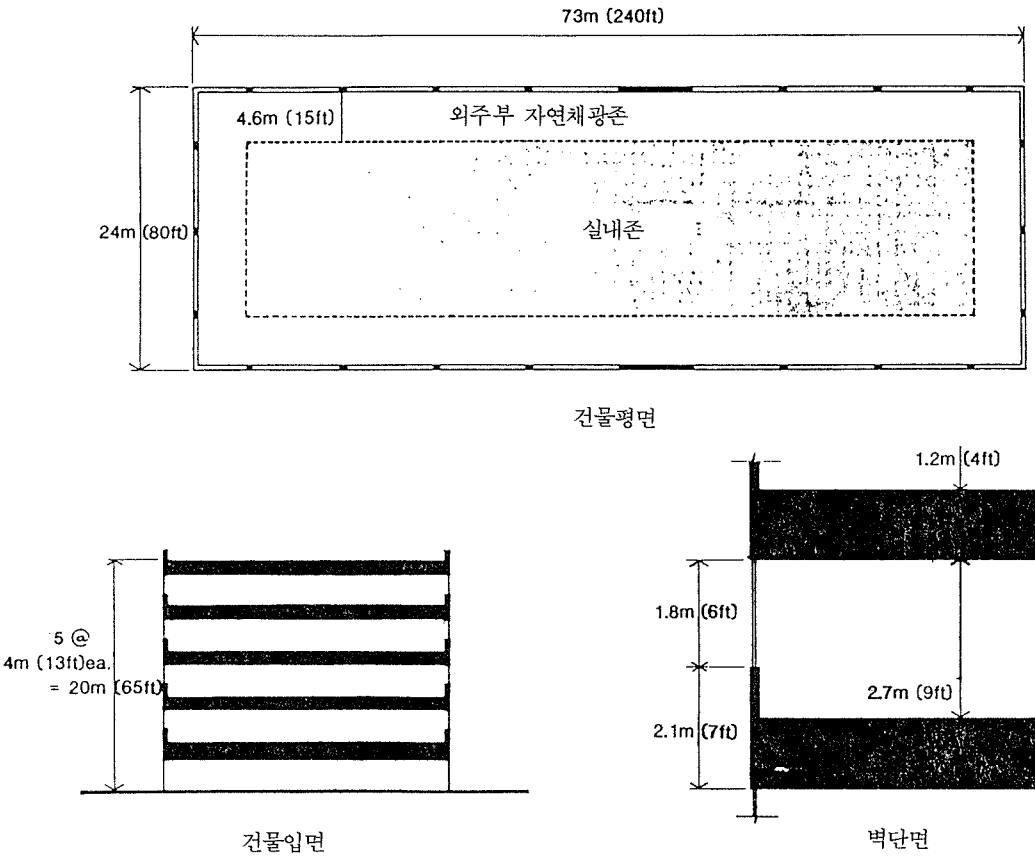

그림 2. 계획단계에 있는 대상건물

경우와 같으며 〈그림 3〉에 직선으로 그 진행과정이 나타나 있다.

●기후 자료

자연채광에 관한 기초 계산이 끝나면 다음 단계는 입력자료 메뉴얼로 부터 알맞는 기후를 선택하는 것이다. 자연채광의 기후 자료는 인공조명의 총 부하시간으로 주어진다〈그림 4〉. 이 자료는 컴퓨터 프로그램을 사용하여 시간별 주광레벨을 계산하고, 주광 보조에 필요한 인공조명량을 결정한다.

기후 자료에 의한 인공조명의 총 부하시간은 다음 조건들이 포함되어 계산된 것이다.

- 지역
- 건물형태(거주 프로필을 결정한다)
- 공간의 소요조도레벨(lx : fc)
- 주광의 조명률(노모그래프에서 구함)
- 제어방식(스위칭 혹은 디밍)
- 주광의 방위(수평·동·서·남·북)

수직창의 총 부하시간은 각 창의 방위(동서남북)로서 구하며, 이 경우 네방향의 총 부하시간은 평균할 수 있다. 대상 사무소 작업시간을 기준할 경우 자연채광을 제외한 실내공간의 총 부하시간수는 2280이다.

●조명에너지 소비 노모그래프

자연채광 디자인 노모그래프를 이용하고, 알맞는 기후 자료를 선택한 다음에는 〈그림 5〉와 같은 조명에너지 소비 노모그래프를 이용한다. 노모그래프의 진행방법은 우선 스케일A (조명시스템) 에서 적당한 Watt/ft²에 맞춘다. 예를 들면 18.8w/㎡ (1.75W / ft²)은 조도레벨 540lx (50fc)를 위한 것으로 조명디자인 노모그래프(여기에는 없음)에서 구한다.

계속하여 블록B (총 부하시간) : 기후자료에서 구함→블록C (변화율) 90%→스케일D, E (존조명부하) 1.2KWH/SF/Yr (4.1MBTU/SF/Yr)→블록F (존 면적 / 건물면적) 여기서 실내존은 55%, 주광존은 45%이다. 계산결과 건물의 실내존은 6.2MBTU/Year. ft², 주광존은1.8MBTU/Year. ft², 건물전체 조명부하는 8.0MBTU/Year. ft²으로 나타났다.

●건축계획단계의 계산 예

건축디자인 단계에서 실제로 건물의 자연채광 방식에 따른 조명에너지의 소비 현황을 냉방·난방과 비교해 보자. 대상건물은 〈그림 2〉에 있는 것으로 피츠버그에 있는 5층 사무소 건물로 가정한다. 대상건물은 자연채광에 대한 자동제어장치가 없다고 가정하고, 외주부와 실내존만으로 구성되었다고 가정한다. 이것을 다음 A, B, C와 같은 세가지 옵션의 자연채광으로 되었다고 가정한다. 이 경우 냉방·난방존과 변수들은 상수로서 고정시킨다.

〔A〕창으로 부터 3m (10ft)위치에 감지기를 설치하고 4.6m 외주부 존에 형광등을 점멸할 수 있는 자동 조명 조절장치를 설치하였다.

〔B〕창으로 부터 4.6m (18ft)에 감지기를 설치하고 외주부 6.1m에 조절장치를 설치한다. 이 옵션은 주광의 조명률을 감소시킬 것이나 조절장치에 의해 전체적인 조명량은 증가될 것이다.

〔C〕최상층의 실내존에 천창을 설치한다. 옵션B의 성능이 옵션A의 성능보다 약간 우수하다고 예측되어 B처럼 외주부 존의 6.1m 위치에 조절장치를 설치한다.

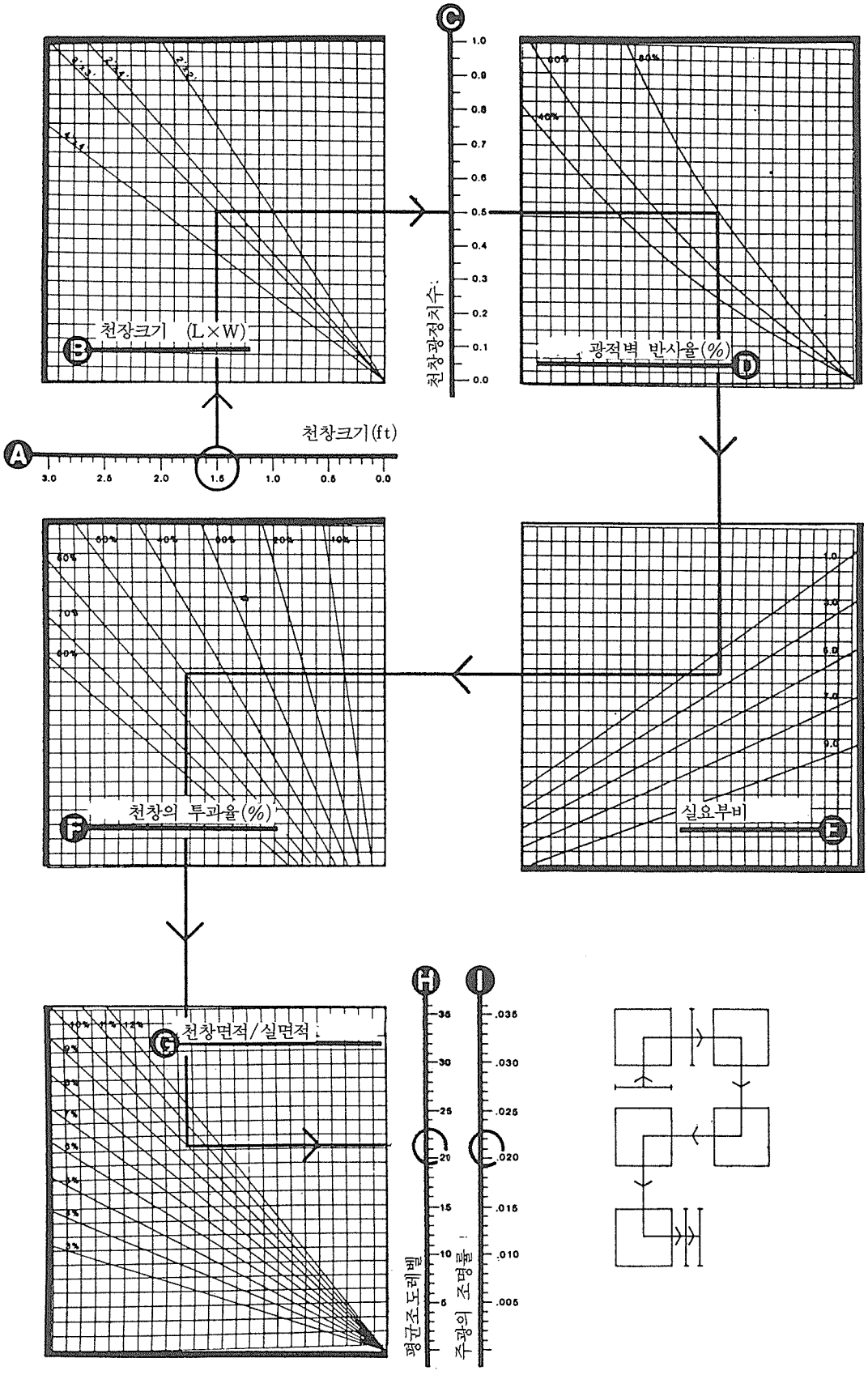

그림 3. 천창의 자연채광 디자인 노모그래프

이상의 옵션에 따라 건물의 냉방·난방·조명에너지를 계산한 결과는 〈그림6〉과 같다. 이 그림을 보면 자연채광의 옵션에 따라 처음 대상건물 보다 연간 에너지 비용이 절감되는 것을 알 수 있다.

● 에너지 노모그래프의 검증

이 노모그래프를 개발하는 2년 반 동안 에너지 노모그래프의 진행방법에 대한 검증은 Burt Hill Kosar Rittelmann Associates에 의하여 오피스 프로젝트로서 검증되었다. 또 독립적인 디자인 도구평가 프로젝트에 대한 검증은 SERI에서 수행되었다. 에너지 노모그래프는 여러 주거 디자인 프로젝트에서 사용이 간단함과 응용성이 입증되었다.

다른 프로젝트는 노모그래프 기법과TRNSYS 컴퓨터 프로그램에서 비슷한 결과가 나타났다. 이 두개의 도구를 기후조건이 다양한 5개의 서로 다른 건물을 대상으로 비교한 결과 에러는 항상 10% 미만이었고, 보통 5% 미만이었다. 디자인 도구의 평가는 5개의 디자인 도구(DOE-2, BLAST, 에너지 그래픽, One Node Wonder, 에너지 노모그래프)로서 SERI에서 수행하였다. 평가는 이러한 도구들이 초기 디자인 단계에서 이 도구를 사용할려는 디자이너들에게 똑 같은 방향을 제시하는지를 알아 보는 것이었다.

평가 결과가 공식적으로 발간되지는 않았지만 5개의 도구는 각 평가마다 똑 같은 방향을 제시하였다. 실제로 변화는 ±20%로서 어느 디자인 도구도 디자이너에게 디자인 어프로치를 오도할 정도로 오차가 큰 것은 없었다. 이것은 검사 결과 디자인 도구로서 「정확한」(accurate) 것이라고는 할 수 있지만「정밀한」(precision) 것이라 하기에는 아직 논의의 여지가 있다.

● 디자인 단계에서의 융통성

디자이너는 소비전력과 소비에너지를 구하기 전에 에너지 목표를 설정하고, 그 목표를 달성시킬 수 있는 전략을 설정하여야 한다. 설정된 목표를 디자인하기 위해서는 에너지 노모그래프를 이용하여 계산을 수행한다. 만일 디자이너가 조명부문의 목표를 32MKH/Year.㎡로 정했다면 디자이너는 조명소비 노모그래프를 이용할 수 있으며, 전체 거주시간에 필요한 인공조명의 Watts/ft²를 구할수있다.

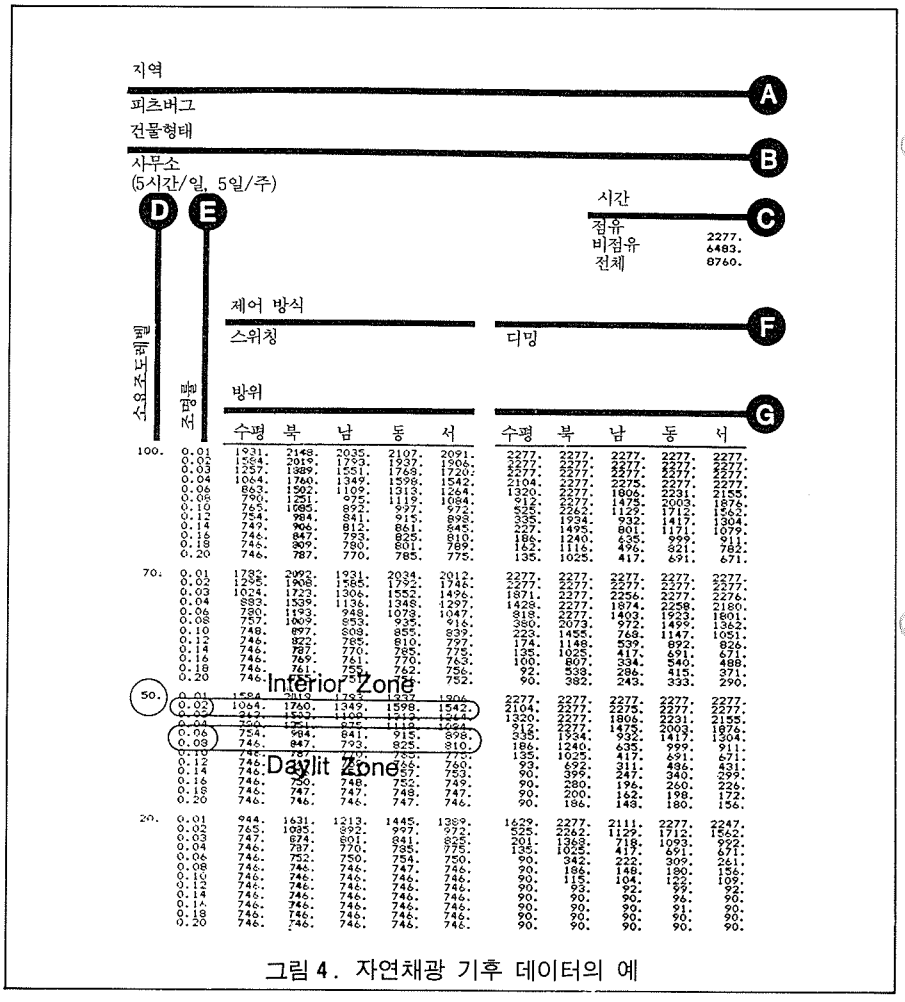

그림 4. 자연채광 기후 데이터의 예

만일 설정된 조명시스템으로 디자인이 불가능하다고 생각되면 디자이너는 자연채광에 대한 총 부하시간을 감소시켜야만 한다. 다음 단계는 소요조도 레벨에 알맞는 총 부하시간을 기후 자료에서 찾는 것이다. 이것은 방위와 조명률과 관계된다. 그 다음 창의 수직·수평 형태에 따라 이용할 노모그래프를 선정한다. 수직창의 경우 〈그림 1〉의 그래프를 사용하여 적합한 창의 형태와 감지기의 위치를 구한다. 감지기를 선택할 때는 조명기구가 전체 조명부하를 감소시키도록 충분히 조절할 수 있는지와 목표에 합치되는지를 반드시 검토하여야 한다.

● 맺는 말

에너지 노모그래프는 신속하고 간단한 사용법으로 자연채광을 디자인 할 수 있는 도구이다. 에너지 노모그래프는 자연채광의 효율성을 분석할 뿐만 아니라 어떤 형태의 조절을 사용할 것인가, 조절장치를 어디에 설치할 것인가 및 자연채광에 대하여 인공조명레벨이 미치는 영향 등도 분석할 수 있다.

또한 자연채광의 결정에 영향을 미치는 인자들, 예를 들면 광원의 발광효율, HVAC 시스템의 효율 및 다양한 연료비용 등도 분석할 수 있다. 이 글은 주제가 자연채광이기 때문에 에너지 노모그래프 중에서 조명부문만 언급되었지만 냉방·난방 및 다른 분야의 에너지 소비도 이 그래프로 구할 수 있다.

그동안 조명에너지는 자연채광에 대한 인식부족과 디자이너의 무관심 속에서 거의 방치되어 왔다. 그러나 사무소 건물 등은 냉·난방 에너지 보다도 조명에너지가 더 많이 소비되고 있음을 볼 때 자연채광을 이용한 조명에너지의 절감에 큰 노력이 요망된다. 이 글은 이러한 내용을 적극적으로 반영하여 1984년 미국에서 개발된 디자인 평가도구를 소개한 것이다. 여기에 소개된 에너지 노모그래프는 기후 자료가 미국의 각 지역을 대상으로 한 것이기 때문에 우리나라 지역 기후와 유사한 것을 선택하여 사용 하면 유용하게 이용할 수 있을 것이다.

〈끝〉

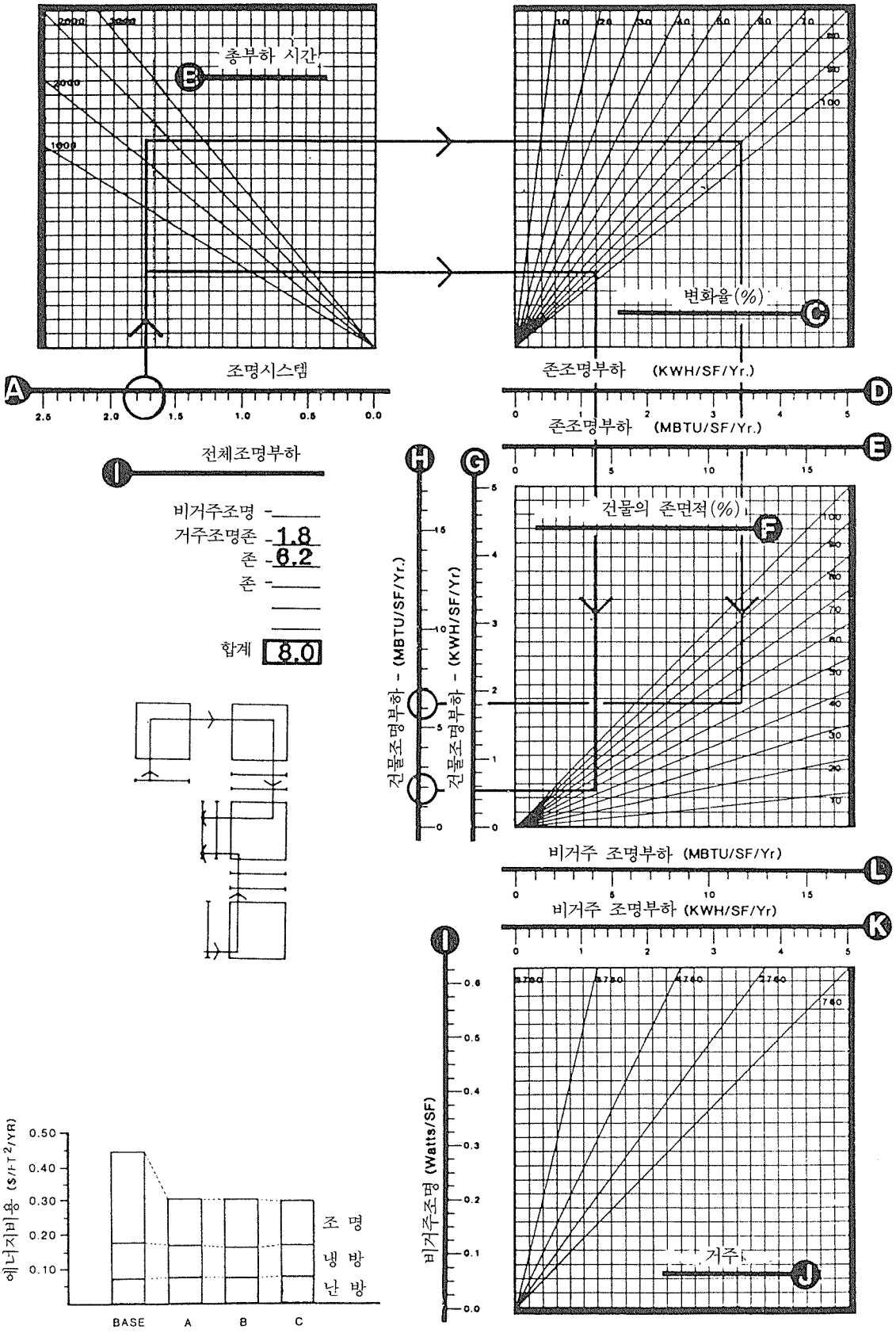

그림 6. 자연채광옵션에 따른 에너지소비

그림 5. 조명에너지 소비 노모그래프